

مقاله پژوهشی

مقایسه کارائی پامیس طبیعی و اصلاح شده با آهن در حذف رنگ Reactive Black5

علیرضا مصداقی نیا^۱، امیر حسین محوی^۲، مهدی فضل زاده^۳، محمد هادی دهقانی^۴، بهزاد هیبتي^{۵*}، زینب سام دلیری^۶، محمد آقائزاد^۷

^۱استاد، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
^۲آستادیار، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
^۳کارشناس ارشد مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اردبیل، اردبیل، ایران
^۴دانشیار، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
^۵مری، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اردبیل، اردبیل، ایران
^۶کارشناس ارشد، باشگاه پژوهشگران جوان، دانشگاه آزاد اسلامی چالوس، چالوس، ایران
^۷کارشناس ارشد مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
^{*}نویسنده مسئول: تهران، میدان انقلاب، دانشگاه علوم پزشکی تهران، دانشکده بهداشت، طبقه پنجم، گروه مهندسی بهداشت محیط
 پست الکترونیک: bheibati@gmail.com

وصول: ۱۳۹۱/۲/۱۸؛ اصلاح: ۱۳۹۱/۴/۲۷؛ پذیرش: ۱۳۹۱/۵/۲۵

چکیده

زمینه و اهداف: پساب صنایع به خصوص صنایع نساجی یکی از عمده ترین منابع آلودگی های محیط زیست به شمار می روند. هدف از این مطالعه مقایسه حذف رنگ Reactive Black5 (RB5) با استفاده از پامیس طبیعی و اصلاح شده با آهن و تعیین ثابت تعادل می باشد.

مواد و روش: ویژگیهای ساختاری و مورفولوژیکی پامیس طبیعی و اصلاح شده با آهن با استفاده از تکنیکهای پراکنش پرتو ایکس XRD و SEM مورد بررسی قرار گرفت. بعد از آماده سازی جاذب ها، جذب رنگ Reactive Black5 روی جاذبهای پامیس طبیعی و اصلاح شده با آهن در دمای آزمایشگاه و به صورت ناپیوسته صورت گرفت.

یافته ها: pH بهینه در این تحقیق ۳ به دست آمد. نتایج حاصله نشان داد که جذب رنگ RB5 با استفاده از پامیس طبیعی و اصلاح شده با آهن به ترتیب از معادله ایزوترمی فروندلیخ ($R^2 > 0.75$) و لانگمویر ($R^2 > 0.98$) پیروی می کند. با استفاده از مدل لانگمویر حداکثر ظرفیت جذب این رنگزا با استفاده از پامیس طبیعی و اصلاح شده با آهن به ترتیب ۱/۱۸ و ۰/۰۳ میلی گرم بر گرم از جاذب به دست آمد.

نتیجه گیری: بطور کلی نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که پامیس اصلاح شده با آهن در مقایسه با پامیس طبیعی راندمان کمتری در حذف RB5 داشته و می توان از پامیس طبیعی به عنوان یک جاذب ارزان قیمت و موثر در حذف رنگهای آزو از پساب صنایع نساجی استفاده کرد.

واژه های کلیدی: Reactive Black5، پامیس اصلاح شده، ایزوترم لانگمویر و فروندلیخ

مقدمه

رنگی در صنایع مختلفی از جمله صنایع نساجی و رنگرزی، صنایع داروسازی، صنایع غذایی، تولید مواد آرایشی و بهداشتی، کاغذ سازی، چرم سازی و صنایعی از این قبیل تولید می شوند [۱]. در فرآیندهای رنگرزی، در حدود ۱۵ درصد از کل رنگ تولید شده وارد فاضلاب می شود و

صنایع نساجی یکی از عمده ترین صنایع پایه هر کشور محسوب می شود و معمولاً مشخصه اصلی پساب این نوع صنایع، رنگی بودن آنها می باشد، که به دلیل استفاده از مواد رنگی در این گونه صنایع می باشد. فاضلاب های

آب شناور می باشد. مقدار سیلیکای موجود در پامیس بسیار بالا (۶۰-۷۰ درصد SiO_2) می باشد. درجه سختی پامیس ۵-۶ واحد بر طبق درجه موهوس می باشد [۱۳]. بنابراین در این تحقیق کارائی پامیس طبیعی و اصلاح شده با آهن برای حذف رنگ RB5 استفاده خواهد شد.

روش کار

مطالعه مورد نظر یک مطالعه کاربردی است که به صورت ناپیوسته در مقیاس آزمایشگاهی در دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران انجام گرفت. متغیرهای مورد بررسی در این پژوهش شامل pH (۷، ۹، ۱۱)، زمان تماس (۵ تا ۱۲۰ دقیقه) و ایزوترم های جذب می باشند. در مجموع برای هر کدام از مواد پامیس طبیعی و پامیس اصلاح شده با آهن ۳۶ نمونه انتخاب شد. رنگ مورد استفاده در این پژوهش از شرکت الوان ثابت همدان تهیه گردید. مشخصات رنگ RB5 در جدول ۱ نشان داده شده است. همانطور که در ساختار مولکولی مشخص است رنگ RB5 حاوی دو گروه سولفانات و دو گروه سولفاتواتیل سولفون می باشد [۱۵]. برای انجام آزمایش ها مقدار ۵۰ cc نمونه با غلظت مشخص توسط استوانه مدرج برداشته و داخل ارلن ریخته شد، در صورت نیاز به تنظیم pH، با استفاده از HCl و NaOH یک نرمال، pH محلول تنظیم شد. تمامی مراحل نمونه برداری و انجام آزمایش ها بر اساس روش های موجود در کتاب استاندارد متد چاپ بیستم انجام شد.

مشخصات جاذب مورد استفاده

در این تحقیق جهت تعیین مشخصات جاذب، ویژگیهای ساختاری و مورفولوژیکی پامیس طبیعی و اصلاح شده با آهن از تکنیکهای متداول فلورسانس پرتو ایکس XRF و میکروسکوپ الکترونی SEM مدل XL30 ساخت شرکت فیلیپس از کشور هلند و سیستم آنالیز edx استفاده گردید که نتایج ساختار و آنالیز آن در جدول نشان داده شده است. طیف عناصر تشکیل دهنده پامیس بر اساس آنالیز XRF نشان می دهد که قسمت عمده ساختار پامیس از کوارتز با فرمول شیمیایی SiO_2 تشکیل شده است که ۷۴/۰۵ درصد از ساختار پامیس را تشکیل می دهد مقایسه نتایج این مطالعه با یافته های سایر محققین مطابقت دارد [۱۴، ۱۵]. ولی بر اساس آنالیز SEM پس از

فاضلابهای رنگی به این صورت تشکیل می گردند [۲]. اغلب رنگهای مورد استفاده در این صنایع از نوع رنگ های سنتتیک می باشند. معمولاً رنگ های سنتتیک به انواع رنگ های اسیدی، رنگ های راکتیو، رنگهای مستقیم، رنگ های بازی و سایر گروهها تقسیم بندی می شوند [۳]. مواد رنگزای مختلفی در صنایع استفاده می شود که معمول ترین آنها رنگ های گروه آزو می باشد. رنگهای آزو یکی از بزرگترین گروه رنگهای سنتتیک را به خود اختصاص داده که دارای یک یا تعداد بیشتری باند آزو - N-N- می باشند [۴]. تخمین زده می شود که سالانه در حدود ۵۰ درصد رنگهای تولیدی در جهان (۷۰۰۰۰۰ تن) از نوع آزو باشند [۴، ۵]. مواد رنگ زای گروه آزو معمولاً دارای یک یا چند پیوند آزو (-N-N-) می باشند و به دلیل ارزان بودن، رنگزای ساده و سمیت کمتر به طور گسترده ای، برای رنگ رزی الیاف مورد استفاده قرار می گیرد [۶، ۷]. عمدتاً مواد رنگ زا دارای یک یا چند حلقه بنزنی می باشند که به دلیل سمی بودن و دیر تجزیه بودن، چنانچه بدون تصفیه وارد محیط شوند می توانند صدمات جبران ناپذیری به محیط زیست وارد کنند. تاکنون روش های مختلفی از جمله روش های بیولوژیک، فرایند های غشایی، و فرایند های اکسیداسیون پیشرفته و سایر روش ها برای تصفیه اینگونه پساب ها مورد استفاده قرار گرفته است [۸، ۹]. فرایند جذب سطحی یکی از معمولترین فرایندها مورد استفاده در تصفیه آب و فاضلاب می باشد. معمولاً فرایند جذب سطحی بروی کربن فعال انجام می گیرد. عمده ترین روش برای حذف آلاینده های آلی استفاده از کربن فعال به عنوان یک جاذب می باشد. بنابراین استفاده از جاذب های طبیعی و ارزان قیمت بجای کربن فعال تجاری مورد توجه محققان قرار گرفته است. امروزه محققان مختلفی از جاذب های طبیعی از جمله چیتسون [۱۰]، کربن فعال شده با آهن [۱۱]، خاکستر فرار [۱۲] و سایر جاذب ها برای حذف آلاینده های آلی و غیر آلی استفاده می کنند. پوکه معدنی (پامیس) یک نوع سنگ آتشفشانی می باشد که در بیشتر نقاط دنیا یافت می شود. این ماده در ایران اغلب در تمام نقاط بخصوص در منطقه اولیق - آذربایجان به وفور یافت می شود. پوکه معدنی معمولاً به دلیل تخلخل بالا، سبک بوده و در سطح

$$(۱) \\ q_e = \frac{(C_0 - C_e)V}{M}$$

که در این رابطه C_0 و C_e غلظت اولیه و نهایی رنگ در محلول (mg/l) و V حجم محلول (L) و m جرم جاذب می باشد (g). برای اندازه گیری غلظت باقیمانده رنگ از دستگاه اسپکتوفتومتر UV/VIS (Shimadzu-1700, Japan) استفاده گردید. جهت تعیین مدل های ایزوترمی، مقدار 0.8 گرم از جاذب به محلول های رنگ RB5 با غلظت های مختلف اضافه گردید. محلول های مورد نظر بروی میکسر با 160 rpm قرار داده شد و بعد از 120 دقیقه، غلظت های باقی مانده رنگ به روش اسپکتروفتومتری تعیین مقدار گردید.

ایزوترمهای جذب

ایزوترم های جذب، معادلاتی برای تشریح حالت تعادل جزء جذب شونده بین فاز جامد و سیال می باشد. معادله فروندلیچ یک معادله تجربی برای جاذب های با سطح ناصاف و برای سیستم هایی که داری یک ماده حل شده می باشد، قابل کاربرد است. مدل لانگمیر برای جذب فیزیکی و تک لایه ای قابل کاربرد می باشد [۱۷]. در این تحقیق دادهای تجربی تعادل جذب با مدل های ایزوترم جذب فروندلیخ و لانگمیر مورد بررسی قرار گرفت که بوسیله روابط زیر نشان داده می شود:

(۲)

$$\frac{c_e}{q_e} = \frac{1}{q_m b} + \frac{1}{q_m} c_e$$

q_e مقدار جزء جذب شده در واحد جرم جسم جاذب

برحسب میلی گرم بر گرم، c_e غلظت تعادلی ماده جذب شدنی در محلول بعد از جذب سطحی بر حسب میلی گرم بر لیتر، q_m نشان دهنده ظرفیت جذب و b ثابت

لانگمیر می باشند که از رسم نمودار $\frac{c_e}{q_e}$ در مقابل c_e بدست می آیند. معادله ایزوترم جذب فروندلیخ به صورت معادله (۳) می باشد.

$$\log q_e = \log k_F + \frac{1}{n} \log c_e \quad (۳)$$

اصلاح پامیس طبیعی با آهن قسمت عمده پامیس Fe اکسید شده می باشد که $51/33$ از ترکیب پامیس را شامل می شود.

آماده سازی جاذب پامیس

پامیس مورد استفاده در این پژوهش از منطقه اولیخ-آذربایجان شرقی تهیه گردید. به منظور افزایش تخلخل و زدایش ناخالصی های جاذب مورد استفاده به مدت 24 ساعت در اسید کلریدریک 0.1 نرمال قرار داده شد پس از این مدت جاذب مورد استفاده با آب دوبار تقطیر چندین بار شسته شد این کار تا زمانی انجام گرفت تا pH آب شستشو به 7 رسید و به مدت 24 ساعت در اتوکلاو قرار گرفت. و بعد از آسیاب با الک استاندارد ASTM با شماره 30 مش بندی شد. در ادامه جهت باردار کردن پامیس، ذرات پامیس در محلول کلرید آهن ($\text{FeCl}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) یک مولار قرار داده شد سپس به منظور افزایش جذب آهن بر روی پامیس از محلول اکسید کننده آب ژاول 12% که به صورت قطره قطره وارد محلول می شد استفاده گردید. که در این حالت 20 گرم پامیس در 180 میلی لیتر NaOH در یک بشر پلاستیکی به مدت 48 ساعت توسط همزن بهم زده شده سپس همزن خاموش شده و پس از سانتریفوژ و صافسازی، پامیس ته نشین شده جدا و با آب مقطر شستشو داده شد و سپس در دمای 50 درجه سانتیگراد خشک گردید این روش با مطالعات سایر محققین نیز مطابقت دارد [۱۱،۱۶].

مطالعات جذب رنگ RB5

جذب رنگ Reactive Black5 روی جاذبهای پامیس طبیعی و اصلاح شده با آهن در دمای آزمایشگاه و به صورت ناپیوسته صورت گرفت. 150 میلی لیتر از محلول رنگ RB5 با غلظتهای مختلف ($25-50-75-100 \text{ mg/l}$) را در ارلنهای 250 میلی لیتر ریخته و پس از تنظیم pH بر روی 3 ، به هر ارلن 0.8 گرم از هر جاذب به صورت جداگانه اضافه و روی شیکر قرار داده شد و پس از مدت زمان معین، نمونه ها صاف شده و غلظت باقیمانده رنگ توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج 599 nm قرائت گردید. مقدار رنگ جذب شده ($q_e \text{ (mg/g)}$) توسط رابطه زیر تعیین شد:

ب) تعیین نقطه pH بهینه

pH یکی از فاکتورهای مهمی است که بر خصوصیات سطحی و بار سطحی جاذب در فرایند جذب تاثیر می گذارد. جهت بررسی تاثیر pH، محلول رنگ با غلظت اولیه ۵۰ mg/L در pH های ۳-۷-۹-۱۱ تهیه گردیده و سپس ۰/۸ گرم از Pumice به ۱۵۰ سی سی محلول رنگ اضافه شد و بعد از زمان تماس ۹۰ دقیقه غلظت باقی مانده رنگها به روش اسپکتروفتومتری تعیین مقدار گردید. نتایج حاصل از تاثیر pH در شکل ۲ نشان داده شده است. همانطور که استنباط می شود مقدار حداکثر جذب در pH های اسیدی بیشتر است و با افزایش pH راندمان حذف و در نتیجه مقدار حداکثر جذب رنگ مورد مطالعه در این تحقیق کاهش می یابد. pH=۳ نقطه بهینه برای جذب رنگ مورد مطالعه توسط پامیس طبیعی می باشد. همانطور که در شکل نشان داده شده است کارائی حذف در pH=۳ ۵۰/۰۶ درصد و در pH های ۷-۹-۱۱ به ترتیب ۳۳/۲۲، ۲۴/۱۴، ۲۴/۰۲ می باشد. داده های حاصل از این قسمت برای جاذب پامیس اصلاح شده با آهن به دلیل عدم تاثیر نیابورده شده است. نتایج حاصل از معادلات ایزوترمی در جدول ۲ نشان داده شده است.

C_e غلظت تعادل میلی گرم در لیتر، q_e ظرفیت جذب

در زمان تعادل برحسب میلی گرم بر گرم و k_f

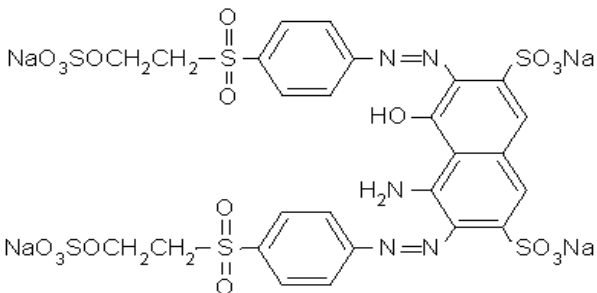
و n ثابت های فروندلیخ می باشند [۱۱]. سرانجام برای

آنالیز داده ها از نرم افزار Excel استفاده گردید.

یافته ها**الف) تاثیر زمان تماس**

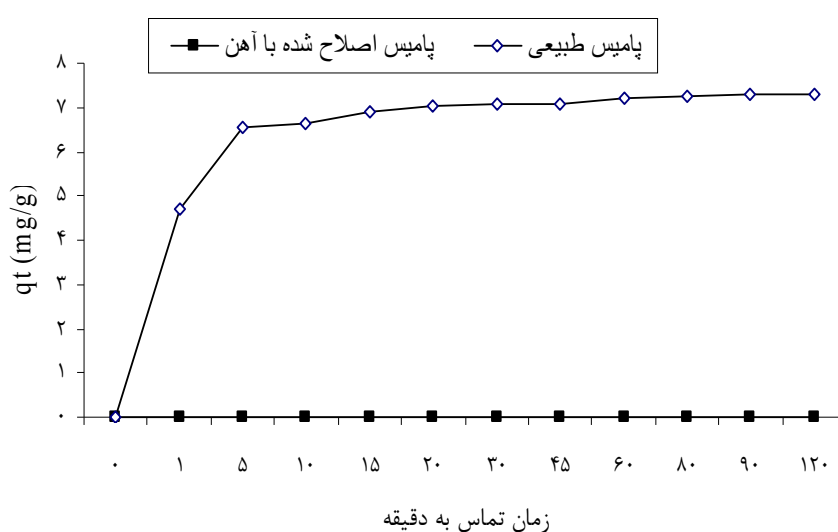
زمان تماس یک متغیر مهم در فرایند جذب می باشد. راندمان حذف و ظرفیت جذب با زمان تماس رابطه مستقیم دارد. تاثیر زمان تماس در فواصل زمانی ۱-۱۲۰ دقیقه با غلظت اولیه ۵۰ mg/L در pH: ۳ با دوز ثابت ۰/۸ گرم برای هر دو جاذب پامیس طبیعی و اصلاح شده با آهن بررسی شد. تاثیر زمان تماس در حذف رنگ در شکل ۱ نشان داده شده است. همان طور که در شکل ۱ مشخص است برای جاذب پامیس طبیعی با افزایش زمان تماس راندمان حذف افزایش می یابد بیشترین راندمان حذف در لحظات اولیه رخ می دهد. ولی برای جاذب پامیس اصلاح شده با آهن تغییری آن چنانی صورت نمی گیرد. با توجه به شکل ۱ مشخص می گردد که جاذب پامیس طبیعی در زمان تماس ۹۰ دقیقه به تعادل می رسد.

جدول ۱: مشخصات رنگ مورد استفاده

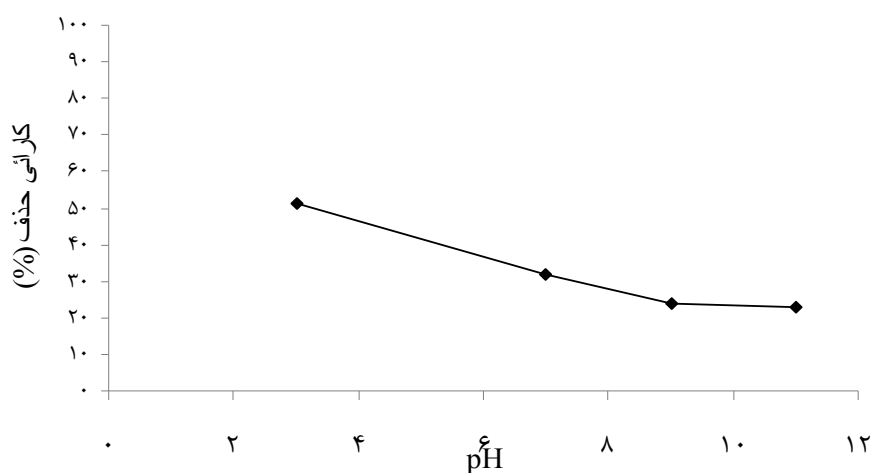
فرمول شیمیایی	$C_{21}H_{21}N_2Na_4O_{19}S_6$
کلاس	Diazo
شماره C.I.	۲۰۵۰۵
وزن مولکولی (g/mol)	۹۹۱۸۲
$(\lambda_{max})_{pH=6}$	۵۹۹
ساختار مولکولی	

جدول ۲: پارامترهای محاسبه شده برای مدل های ایزوترمی رنگ Reactive Black5

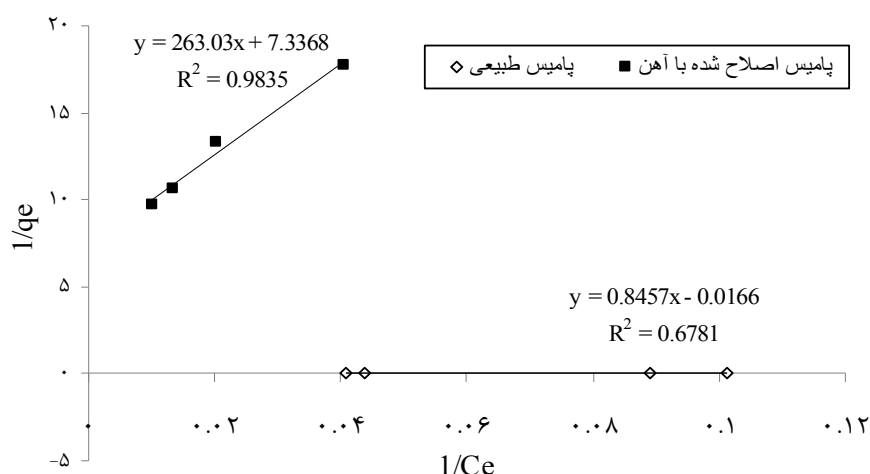
لانگمویر			فروندلیخ			مدل		
R_L	$q_m(\text{mg/g})$	$b(\text{L/mg})$	R^2	K_f	$1/n$	R^2	پارامتر	جاذب
۰/۰۱	۰/۰۰۳	۲۶۳	۰/۶۷	۰/۹	۰/۴۴	۰/۷۵	مقدار	پامیس طبیعی
۶	۱/۱۸	۰/۸۴	۰/۹۸	۰/۰۱	۱/۲۶	۰/۹۹	مقدار	پامیس اصلاح شده با آهن



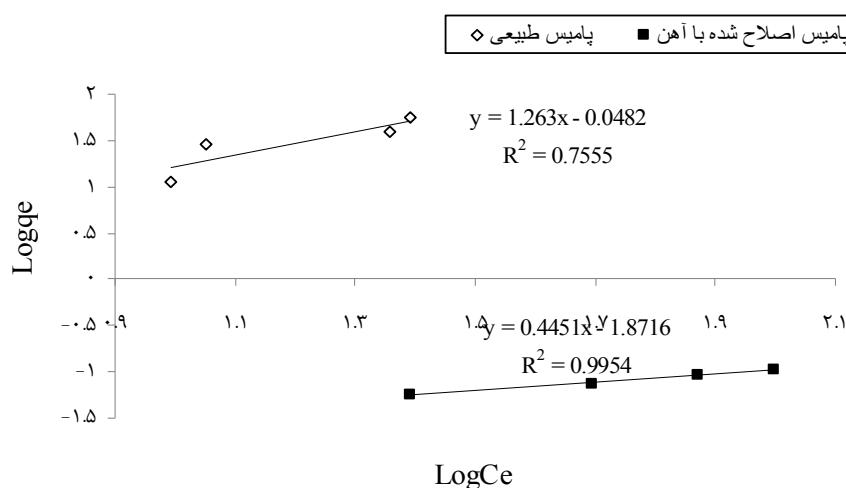
شکل ۱: تاثیر زمان تماس بر روی کارائی حذف RB5 (غلظت اولیه رنگ ۶۰ mg/L، دوز جاذب ۰/۸ گرم، pH=۵)



شکل ۲: تاثیر pH بر روی کارائی حذف RB5 (غلظت اولیه رنگ ۵۰ mg/L، دوز جاذب ۰/۸ گرم و زمان ۹۰ دقیقه)



شکل ۳: مدل ایزوترمی لانگمویر برای مطالعه حاضر



شکل ۴: مدل ایزوترمی فروندلیخ برای مطالعه حاضر

بحث

نتایج حاصل از مطالعات ایزوترمی نشان داد که حذف رنگ RB5 با استفاده از پامیس طبیعی و اصلاح شده با آهن به ترتیب از معادله ایزوترمی فروندلیخ ($R^2 > 0.75$) و لانگمویر ($R^2 > 0.98$) پیروی می کند. با توجه به محاسبات انجام شده میزان R_L جذب RB5 بر روی پامیس معادل ۰/۰۱ و برای پامیس اصلاح شده با آهن ۶

محاسبه شد که نشان دهنده جذب مطلوب رنگ RB5 بر روی جاذب پامیس طبیعی نسبت به پامیس اصلاح شده با آهن می باشد. مقدار $1/n$ بیانگر شدت جذب سطحی می باشد مساوی صفر باشد برگشت ناپذیر و اگر بین ۰-۱، مطلوب و اگر بالاتر از ۱ باشد نامطلوب است. مقدار $1/n$ کمتر از ۱ بیانگر جذب ایزوترم فروندلیخ خواهد شد [۱۹]. همچنین با توجه به جدول ۲ مقدار $1/n$ در رابطه

فروندلیخ برای پامیس طبیعی و اصلاح شده با آهن به ترتیب ۰/۴۴ و ۱/۲۶ بدست آمد که نشان دهنده جذب مطلوب رنگ RB5 بر روی جاذب پامیس طبیعی و جذب نامطلوب بر روی پامیس اصلاح شده با آهن می باشد. در مطالعه ای که توسط خلید بر روی حذف RB5 با استفاده از دو نوع جاذب چیتسون انجام گرفت مشخص گردیده است که مقدار K_f برای چیتسون نوع اول برابر ۰/۸ و برای چیتسون نوع دوم برابر ۱/۶ می باشد [۱۰]. با توجه به جدول ۲ مقدار K_f در مطالعه حاضر برای پامیس طبیعی برابر ۰/۹ بدست آمد که این امر نشان می دهد پامیس طبیعی چسبندگی بالاتری برای رنگ RB5 نسبت به چیتسون نوع اول مورد مطالعه خلید دارد. همچنین در مطالعه خلید حداکثر مقدار جذب برای چیتسون نوع اول برابر ۰/۷ میلی گرم به ازای هر گرم چیتسون و برای چیتسون نوع دوم برابر ۰/۸۵ میلی گرم به ازای هر گرم چیتسون مشاهده شده است [۱۰]. همانطور که در جدول ۲ نشان داده شده است مقدار حداکثر جذب برای مطالعه حاضر ۱/۱۸ میلی گرم به ازای هر گرم پامیس طبیعی شده به دست آمد. با توجه به نتایج بدست آمده از آزمایشات ناپیوسته سنتیک فرایند جذب، ایزوترم های جذب و ظرفیت جذب تعیین گردید. با توجه به نتایج حاصل از این تحقیق مشخص می گردد که با افزایش غلظت تعادلی رنگ، ظرفیت تعادلی جذب یتدریج افزایش پیدا می کند که دلیل این امر را می توان به دلیل دسترسی آسان محلهای جذب در لحظات اولیه فرایند اشاره کرد. بنابراین با افزایش غلظت اولیه رنگ محلهای جذب اشباع شده و سطح اشباع شده دیگر محلهای جذب بیشتری برای دسترسی جذب وجود نخواهد داشت [۲۰].

نتایج حاصل از آزمایشات نشان می دهد که با افزایش مدت زمان تماس، مقدار جذب افزایش می یابد و به حداکثر خود می رسد که این امر برای جاذب پامیس در زمان ۹۰ دقیقه رخ می دهد و برای پامیس اصلاح شده با آهن مقدار جذب خیلی کمی رخ می دهد که قابل اغماص می باشد که این امر را می توان به خاطر جذب فیزیکی RB5 بر روی جاذب نسبت داد چون که در اثر اصلاح خلل و فرج جاذب مورد نظر پر شده و حذفی صورت نمی گیرد [۲۱]. جذب رنگ RB5 در دقایق اولیه با سرعت

زیاد صورت گرفته و با گذشت زمان تماس مقدار جذب کاهش می یابد که این امر می تواند به دلیل کاهش غلظت رنگ محلول و کاهش نقاط فعال در سطح جاذب باشد چون که در مراحل اولیه جذب مکانهای خالی زیادی در دسترس می باشد و با گذشت زمان این مکانها توسط مولکولهای رنگ اشغال می شوند. به طور کلی ظرفیت جذب با افزایش زمان تماس افزایش و در یک زمان مشخص ثابت می ماند و از آن زمان به بعد رنگ محلول حذف نمی گردد. در این زمان مقدار رنگ جذب شده با مقدار واجذب شده در حالت تعادل قرار دارد [۱۹، ۲۲]. در تحقیقی که جین و همکاران بر روی حذف رنگ های نساجی با استفاده از پسماند صنایع تولید کودهای شیمیایی انجام داده اند نشان می دهد که بیشترین حذف رنگ در دقایق اولیه صورت می گیرد به طوری که ۵۵ درصد از رنگ مورد مطالعه در کمتر از ۶ دقیقه اول حذف شده است [۲۳]. در تحقیقی که توسط فونگارو روی جذب رنگ آر او ۱۶ با کاربرد جاذب خاکستر فرار انجام داده است نشان می دهد که میزان جذب این رنگ پس از یک ساعت به شدت کاهش می یابد و بیشترین میزان جذب در ۳۰ دقیقه اول صورت می گیرد [۲۴].

همانطوری که در شکل ۲ نشان داده شده با افزایش pH میزان جذب رنگ RB5 کاهش یافته است و $pH=3$ نقطه بهینه برای جذب می باشد. دلیل افزایش کارایی حذف رنگ در pH پائین را می توان با افزایش یون H^+ در محیط ($pH < pK_{a,pc}$) و افزایش میزان یونهای مثبت بر روی سطح جاذب و افزایش جذب رنگ با بار منفی در سطح را توضیح داد [۲۵]. در پژوهش حاضر رنگ مورد استفاده در محلولهای آبی دارای بار منفی خواهد گردید که این امر باعث می گردد که کارایی جذب در pH پائین افزایش یابد چرا که در pH پائین سطح پامیس دارای بار مثبت خواهد شد. همچنین کاهش ظرفیت جذب در pH بالا را می توان به دلیل رقابت محلهای فعال بوسیله یونهای OH^- و دافعه الکترواستاتیکی رنگ بوسیله سطح با بار منفی ذکر کرد [۱۳]. در مطالعه ای که پاول و همکاران بر روی جذب رنگهای آنیونی و کاتیونی بر روی خاکستر فرار انجام داده اند مشخص گردیده است که حذف رنگهای کاتیونی با افزایش pH افزایش می یابد در

محققین باشد. برخی از این دلایل عبارتند از: ۱-ارزان بودن پامیس ۲- عدم نیاز به احیای پامیس به دلیل اینکه پامیس مصرف شده در حذف آلاینده ها به راحتی می تواند در موارد دیگری بدون ایجاد خطر مورد استفاده قرار گیرد ۳- منابع طبیعی بیشتر این نوع جاذب نسبت به سایر جاذبها. در این پژوهش کارایی حذف رنگ RB5 از گروه رنگ های آزو توسط پامیس طبیعی و پامیس اصلاح شده با آهن مورد بررسی قرار گرفت نتایج پژوهش حاضر نشان داد که کارایی حذف رنگ با افزایش زمان تماس و با افزایش pH اولیه محلول رنگ کاهش می یابد. همچنین مشخص شد که میزان چسبندگی رنگ RB5 بر روی پامیس طبیعی زیاد می باشد. نتایج حاصل از مطالعات ایزوترمی نشان داد که حذف رنگ RB5 با استفاده از پامیس طبیعی و اصلاح شده با آهن به ترتیب از معادله ایزوترمی فروندولیک ($R^2 > 0.75$) و لانگمویر ($R^2 > 0.98$) پیروی می کند. همچنین در این تحقیق مقدار q_m بر حسب میلی گرم بر گرم جاذب برای پامیس طبیعی و اصلاح شده با آهن به ترتیب ۱/۱۸، ۰/۰۰۳ بدست آمد. و با توجه به اینکه از روی رابطه R_L جاذب پامیس طبیعی به عنوان جاذب مطلوب برای رنگ RB5 تعیین شدند بطور کلی نتایج نتیجه گیری می شود که پامیس طبیعی در مقایسه با پامیس اصلاح شده با آهن راندمان بالاتری در حذف رنگ RB5 دارد و می توان از پامیس طبیعی به عنوان یک نوع جاذب ارزان قیمت برای حذف رنگ از پسابهای نساجی استفاده کرد.

Reference

1. Qu B, Zhou J, Xiang X, Zheng C, Zhao H, Zhou X, Adsorption behavior of Azo Dye CI Acid Red 14 in aqueous solution on surface soils, Journal of Environmental Sciences 2008; 20(6): 704-9.
2. Crini G, Badot PM. Application of chitosan, a natural aminopolysaccharide, for dye removal from aqueous solutions by adsorption processes using batch studies: A review of recent literature, Progress in Polymer Science 2008; 33(4): 399-447.
3. Kritikos DE, Xekoukoulotakis NP, Psillakis E, Mantzavinos D, Photocatalytic degradation of reactive black 5 in aqueous solutions: Effect of operating conditions and coupling with

حالی که با کاهش pH حذف رنگهای آنیونی افزایش می یابد. بردارشدن جاذب خاکستر فرار با بارهای منفی در pH بالا و همچنین بردارشدن سطح جاذب خاکستر فرار با بارهای مثبت در مقادیر pH پائین، باعث گردیده است که رنگهای کاتیونی در pH بالا و رنگهای آنیونی در pH پائین حذف گردد [۱۲].

نتیجه گیری

پامیس یک نوع سنگ آتشفشانی سبک، متخلخل و ارزان می باشد. پامیس اولیه و یا اصلاح شده به عنوان بستر فیلتراسیون، به عنوان کاتالیست هتروژن و یا بستری برای رشد میکروبها و همچنین به عنوان یک نوع جاذب ارزان قیمت در تصفیه آب و فاضلاب کاربرد دارد. مزایای پامیس نسبت به سایر بسترهای مورد استفاده از قبیل شن و یا کربن فعال در این است که پامیس دارای تخلخل بالایی بوده (منافذ حجمی بیش از ۸۵ درصد) و دارای سطح مخصوص بالایی (در حدود ۵ تا ۳۰ متر مربع به ازای هر گرم) می باشد. سطح مخصوص بالای پامیس این امکان را به محقق می دهد که بتواند از این ماده طبیعی به عنوان یک جاذب برای جذب سطحی آلاینده های آب و فاضلاب و هوا استفاده کند. همچنین به دلیل بالا بودن سطح مخصوص ویژه، امکان تثبیت کاتالیست بیشتری بروی پامیس وجود دارد که کارایی این ماده را در فرآیندهای کاتالیستی برای حذف انواع آلاینده جاذبتر می کند. در ایران در مناطق مختلفی انواع مختلفی از جاذبها یافت می شود ولی به نظر می رسد که پامیس نسبت به سایر جاذبهای طبیعی ایران دارای جذابیت بیشتری برای ultrasound irradiation, Water research 2007; 41(10): 2236-46.

4. Çolak F, Atar N, Olgun A. Biosorption of acidic dyes from aqueous solution by *Paenibacillus macerans*: Kinetic, thermodynamic and equilibrium studies, Chemical Engineering Journal 2009; 150(1): 122-30.
5. Mok YS, Jo JO, Whitehead JC, Degradation of an azo dye Orange II using a gas phase dielectric barrier discharge reactor submerged in water, Chemical Engineering Journal 2008; 142(1): 56-64.
6. Aksu Z. Reactive dye bioaccumulation by *Saccharomyces cerevisiae*, Process Biochemistry 2003; 38(10): 1437-44.

7. Atia AA, Donia AM, Al-Amrani WA, Adsorption/desorption behavior of acid orange 10 on magnetic silica modified with amine groups, *Chemical Engineering Journal* 2009; 150(1): 55-62.
8. Jiraratananon R, Sungpet A, Luangsowan P, Performance evaluation of nanofiltration membranes for treatment of effluents containing reactive dye and salt, *Desalination* 2000;130(2):177-83.
9. Davis TA, Volesky B, Mucci A, A review of the biochemistry of heavy metal biosorption by brown algae, *Water research* 2003;37(18):4311-30.
10. Elwakeel KZ, Removal of Reactive Black 5 from aqueous solutions using magnetic chitosan resins, *Journal of hazardous materials* 2009;167(1-3):383-92.
11. Zhang N, Lin LS, Gang D, Adsorptive selenite removal from water using iron-coated GAC adsorbents, *Water research* 2008;42(14):3809-16.
12. Janos P, Buchtova H, Ryznarova M, Sorption of dyes from aqueous solutions onto fly ash, *Water research* 2003;37(20):4938-44.
13. Kitis M, Karakaya E, Yigit NO, Civelekoglu G, Akcil A, Heterogeneous catalytic degradation of cyanide using copper-impregnated pumice and hydrogen peroxide, *Water research* 2005;39(8):1652-62.
14. Kitis M, Kaplan S, Karakaya E, Yigit N, Civelekoglu G, Adsorption of natural organic matter from waters by iron coated pumice, *Chemosphere* 2007;66(1):130-8.
15. Akbal F, Adsorption of basic dyes from aqueous solution onto pumice powder, *Journal of colloid and interface science* 2005;286(2):455-8.
16. Epolito WJ, Yang H, Bottomley LA, Pavlostathis SG. Kinetics of zero-valent iron reductive transformation of the anthraquinone dye Reactive Blue 4, *Journal of hazardous materials* 2008;160(2-3):594-600.
17. Dogan M, Alkan M, Demirbas O, Ozdemir Y, Ozmetin C, Adsorption kinetics of maxilon blue GRL onto sepiolite from aqueous solutions, *Chemical Engineering Journal* 2006;124(1-3):89-101.
18. Bhatnagar A, Kumar E, Sillanpää M, Nitrate removal from water by nano-alumina: Characterization and sorption studies, *Chemical Engineering Journal* 2010; 163(3): 317-323.
19. Karadag D, Akgul E, Tok S, Erturk F, Kaya MA, Turan M, Basic and reactive dye removal using natural and modified zeolites, *Journal of Chemical & Engineering Data* 2007;52(6):2436-41.
20. Kumar E, Bhatnagar A, Kumar U, Sillanpää M, Defluoridation from aqueous solutions by nano-alumina: Characterization and sorption studies, *Journal of Hazardous Materials* 2010; 186(2-3):1042-1049.
21. Liu H, Li G, Qu J, Degradation of azo dye Acid Orange 7 in water by Fe⁰/granular activated carbon system in the presence of ultrasound, *Journal of Hazardous Materials* 2007;144(1-2):180-6.
22. Renganathan S, Kalpana J, Dharmendira Kumar M, Velan M, Equilibrium and Kinetic Studies on the Removal of Reactive Red 2 Dye from an Aqueous Solution Using a Positively Charged Functional Group of the *Nymphaea rubra* Biosorbent, *CLEAN-Soil, Air, Water* 2009;37(11):901-7.
23. Bhatnagar A, Jain A, Mukul M, Removal of congo red dye from water using carbon slurry waste, *Environmental Chemistry Letters* 2005;2(4):199-202.
24. Singh KP, Mohan D, Sinha S, Tondon G, Gosh D, Color removal from wastewater using low-cost activated carbon derived from agricultural waste material, *Industrial & engineering chemistry research* 2003;42(9):1965-76.
25. Maleki A, Mahvi AH, Ebrahimi R, Zandsalimi Y, Study of photochemical and sonochemical processes efficiency for degradation of dyes in aqueous solution, *Korean Journal of Chemical Engineering* 2007; 27(6):1805-1810.

Original Article

Comparing efficiency natural pumice and modified with iron in removal Reactive Black5 dye

Mesdaghinia A¹, Mahvi AH², Fazlzadeh M³, Dehghani MH⁴, Heibati B^{5*}, Sam Daliri Z⁶, Aghanejad⁷ M

1 Professor, Department of Environmental Health Engineering, School of Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

2 Assistant Professor, Department of Environmental Health Engineering, School of Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

3 M.Sc of Environmental Health Engineering, School of Health, Ardabil University of Medical Sciences, Ardabil, Iran

4 Associate Professor, , Department of Environmental Health Engineering, School of Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

5 Department of Environmental Health, School of Health, Ardabil University of Medical Sciences, Ardabil, Iran

6 Young Researchers Club, Chaloos Branch, Islamic Azad University, Chaloos, Iran

7 M.Sc of Environmental Health Engineering, School of Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

***Correspondence Author:**
Department of Environmental
Health Engineering, School of
Health, Tehran University of
Medical Sciences, Tehran, Iran
Email: bheibati@gmail.com

Abstract

Background & Objectives: Industrial effluents, especially textile industry are one of the major sources from environmental pollution. The purpose of this study removal Reactive Black5 (RB5) dye with using natural pumice and modified with iron and is determined equilibrium constant.

Material & Methods: Futures and morphological characteristics of natural pumice and modified with iron was determined via X-Ray diffraction (XRD) and SEM techniques.

Results: In this study, the optimum pH was 3. The results showed that the adsorption of RB5 dye with natural pumice and modified with iron were fitted Freundlich ($R^2 > 0.75$) and Langmuir ($R^2 > 0.98$) isotherm equation. Langmuir models the maximum dye adsorption capacity using natural pumice and modified with iron 1.18 and 0.003 mg/g of adsorbent was obtained.

Conclusion: Overall results of this study showed that efficiency removal RB5 with pumice modified with iron in comparison with natural pumice is lower and can be from natural pumice as an inexpensive and effective adsorbent to remove azo dyes from textile wastewater used.

Key Words: Reactive Black5, modified Pumice, Freundlich and Langmuir Isotherm

Submitted: 2012 May 7

Revised: 2012 Jul 17

Accepted: 2012 Aug 15